

УДК 631.173.2

**CONTROL OF THE TECHNICAL CONDITION OF HYDRAULIC TRANSMISSION UNITS OF MOBILE MACHINES ON THE BASIS OF MONITORING THE LEVEL OF CLEANLINESS OF THE WORKING FLUID****КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АГРЕГАТИВ ГІДРАВЛІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ МОБІЛЬНИХ МАШИН НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ЧИСТОТИ РОБОЧОЇ РІДИНИ****Melyantsov P.T. / Мельянцов П. Т.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-5937-4021

**Dobryanskyi I. M. / Добрянський І. М.***postgraduate / аспірант**Dnipro State Agrarian and Economic University,**str. S. Yefremova, 25, 49600**Дніпровський державний аграрно-економічний університет,**вул. С. Єфремова, 25, 49600***Losikov O. M. / Лосіков О. М.***senior lecturer / старший викладач*

ORCID 0009-0004-5523-7651

**Sidorenko V. K. / Сидоренко В. К.***senior lecturer / старший викладач*

ORCID 0009-0005-7610-4433

*Ukrainian State University of Science and Technology, str. Lazaryana, 2, 49010**Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010*

**Анотація.** В роботі розглядаються питання з підвищення надійності агрегатів гідравлічних трансмісій на основі контролю зміни структурних параметрів технічного стану деталей, застосуванням моніторингу рівня чистоти робочої рідини. Поставлена мета досягається розробленням пристрою з визначення кількості механічних домішок в промислових рідинах і їх розмірів, та виявлені функціональні залежності між напрацюванням гідравлічних трансмісій і динамікою зміни зазору в спряженнях. Отримані результати вказують на ефективність застосування моніторингу контролю технічного стану робочої рідини для визначення технічного стану аксіально-поршневих агрегатів в складі гідравлічних трансмісій мобільних машин.

**Ключові слова:** мобільна машина, об'ємна гідравлічна трансмісія, аксіально-поршневі гідроагрегати, чистота робочої рідини, гідроабразивне зношення, структурні параметри деталей, динаміка зазору, надійність.

**Abstract.** The paper examines issues of increasing the reliability of hydraulic transmission units based on control of changes in the structural parameters of the technical condition of parts, using monitoring of the purity level of the working fluid. The goal is achieved by the development of a device for determining the amount of mechanical impurities in industrial fluids and their sizes, and the functional dependences between the operation of hydraulic transmissions and the dynamics of the gap change in couplings are revealed. The obtained results indicate the effectiveness of monitoring the technical condition of the working fluid to determine the technical condition of the axial-piston units in the hydraulic transmissions of mobile machines.

**Key words:** mobile machine, volumetric hydraulic transmission, axial-piston hydraulic units, working fluid purity, hydroabrasive wear, structural parameters of parts, clearance dynamics, reliability.

## Вступ.

Одним із заходів зростання технічного рівня мобільних машин є застосування об'ємного гідроприводу трансмісії (ОГТ). Найбільшого використання в ОГТ знайшли аксіально-поршневі гідромашини, які виготовляються акціонерним товариством «Гідросила» м. Кропивницький та закордонними фірмами «Sundstrand», «Eaton» (США), «Danfos» (Данія) та ін.

В умовах експлуатації, надійність аксіально-поршневих агрегатів в складі гідравлічних трансмісій підтримується проведенням регламентних технічних обслуговувань. Особливо це являється актуальним для гідравлічних систем, які відпрацювали гарантійний ресурс, закладений заводом-виробником, а також до пост-гарантійних імпорتنих сільськогосподарських машин, якими перенасичено машинно-тракторний парк агропромислового комплексу (АПК) [1, 2, 3].

Існуюча стратегія планово-запобіжної системи підтримання та відновлення працездатного стану машинно-тракторного парку не може бути реалізована в реальних умовах експлуатації, через конструктивні особливості імпорتنих мобільних машин, не достатньої інформації щодо нормованих значень структурних параметрів деталей, слабкої матеріально-технічної бази для контролю технічного стану гідроагрегатів [2], яка сформувалась в ринкових умовах, та складності в кадровому забезпеченню АПК [4, 5].

В результаті збільшується ймовірність появи ресурсних відмов, які в ряді випадків можуть переходити в аварійні відмови, що приводить до значних матеріальних втрат від простою мобільної машини, та витрат на відновлення їх працездатного стану.

Зменшення даних втрат можливе за рахунок виявлення в умовах рядової експлуатації вагомого фактора, що обумовлює зміну технічного стану аксіально-поршневих агрегатів гідравлічних трансмісій, приводить до зниження їх ресурсу і впливає на їхнє нормальне функціонування, та включав би в себе параметри, які можна кількісно оцінювати з застосуванням доступних засобів їх контролю.

Відомо, що надійність і довговічність ОГТ знаходиться в прямій залежності від чистоти внутрішніх порожнин цих систем і робочих рідин, що використовуються в них. Дана робоча гіпотеза підтверджується в роботі [6], де авторами відмічається, що від 60 до 90 % відказів гідроприводів тракторів пов'язано з підвищеним забрудненням гідравлічних систем. Джерелом забруднення являється в основному порушення умов експлуатації (не своєчасна заміна фільтруючих елементів, порушення герметичності в з'єднаннях, не дотримання технічних вимог при проведенні заміни робочої рідини, відсутність операцій з промивання гідравлічних систем та ін.), а також наявність залишкових забруднень, які формуються в процесі ремонту гідравлічних агрегатів.

Інформація щодо основних параметрів (кількість, розміри, матеріали) абразивних частинок, що генеруються в робочу рідину в процесі експлуатації гідросистеми, відтворює зміну структурних параметрів технічного стану робочих поверхонь деталей, що обумовлюють втрату працездатності

гідроагрегату.

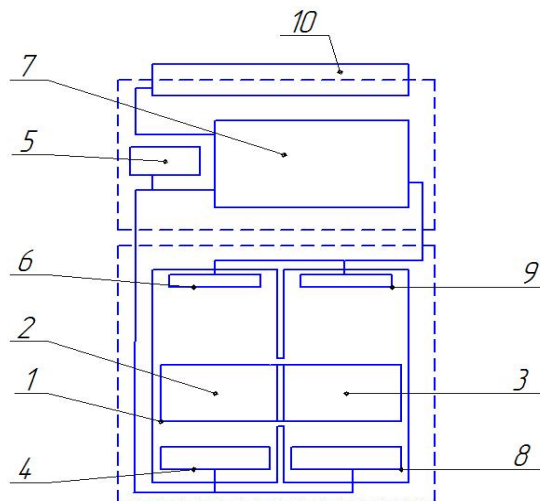
Для надійної роботи гідросистем та їх агрегатів необхідне забезпечення чистоти робочої рідини на всіх етапах життєвого циклу гідромашини і постійний моніторинг контролю ступеня забруднення гідравлічної рідини, що являється одним з основних завдань, яке необхідно вирішити для контролю технічного стану агрегатів гідравлічної системи.

**Мета роботи.** Підвищення надійності агрегатів гідравлічних трансмісій мобільних машин на основі контролю зміни структурних параметрів технічного стану деталей, які впливають на їх працездатність, застосуванням моніторингу рівня чистоти робочої рідини.

**Постановка задачі.** Для отримання інформації про структурні параметри технічного стану деталей качаючих вузлів ОГТ необхідно розробити засоби контролю технічного стану рідини гідравлічної системи, які характеризуються простотою конструкції та не значними матеріальними затратами. На основі реалізації розробленої конструкції приладу провести дослідження впливу гідроабразивного зношення на зміну структурних параметри технічного стану деталей, та обґрунтувати їх структурні параметри для визначення їх технічного стану при прямому діагностуванні.

#### Викладення основного матеріалу.

Для контролю якості робочої рідини гідравлічних систем мобільних машин розроблюється пристрій з визначення кількості механічних домішок в промислових рідинах (воді, рідких паливах, маслах, охолоджуючих рідинах і т.д.), а також для визначення розмірів частинок механічних домішок, кількісного та відносного вмісту води в оливі [7]. Прилад містить програмно-апаратний блок, блок спектрального аналізу, ПЗС-фотоприймач (camera RPi3) та фотодіод для фіксування довжини спектра. Схема приладу наведена на (рисунок 1).



**Рисунок 1 - Графічна схема приладу:**

- 1 – кюветка; 2, 3 – смності кюветки;  
 4 – джерело світла; 5 – модуль живлення; 6 - ПЗС-фотоприймач;  
 7 - міні комп'ютер Raspberry Pi; 8 - ІЧ діод; 9 - інфрачервоний фотодіод;  
 10 – дисплей прилада

Авторська розробка

Прилад переносний, що дозволяє проводити контроль робочої рідини в експлуатаційних та лабораторних умовах. Контроль робочої рідини проводиться на: домішки абразиву відповідно до ДСТУ 17216-2001 та європейського стандарту ISO 1638; домішки води в % до 1 мл. оливи.

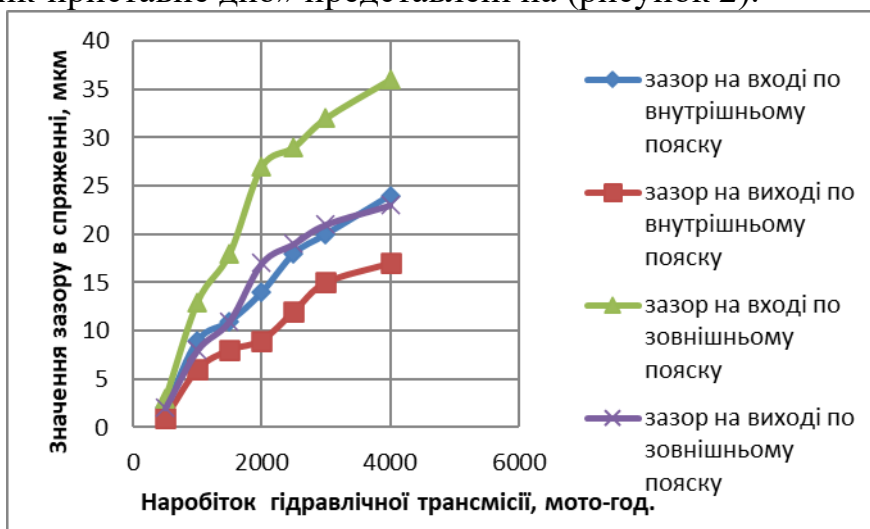
Для визначення складу механічних домішок в робочій рідині ОГТ, було вибрано 25 мобільних машин, що мали наробіток в інтервалі 4...4000 мото-годин. Отримані результати досліджень показали, що мінімальний склад механічних домішок в робочих рідинах склав 0,006 % і максимальний 0,102 % по масі, що не відповідає технічним вимогам на експлуатацію ОГТ. Розподілення проб по складу механічних домішок в робочій рідині підпорядковується нормальному закону.

Детальний аналіз отриманих результатів показує, що близько 30 % гідравлічних агрегатів працює на робочому мастилі, забрудненість якого знаходиться в інтервалі 0,020-0,045 % по масі, що відповідає 15-16 класу чистоти рідини за вмістом числа частиць забруднень. Дані результати підтверджують висунуту робочу гіпотезу про можливість використання контролю класу чистоти робочої рідини для дійсної оцінки структурних параметрів технічного стану деталей.

Для виявлення впливу чистоти робочої рідини на зміну технічного стану робочих поверхонь деталей, розроблюються методики контролю деталей спряжень, які першочергово обумовлюють втрату працездатності аксіально-поршневих агрегатів: «розподільник – приставне дно», «втулка блоку - плунжер», «п'ята плунжера – опора люльки гідронасоса», «п'ята плунжера-похила шайба гідромотора», що підтверджується і в роботі [8], де автори вказують на їх вагомість щодо зменшення ресурсу гідромашин.

Виконання мікрометражних робіт, з метою визначення кількісної оцінки зношення деталей спряження розподілення потоку робочої рідини в качаючому вузлі гідроагрегату, показало, що в результаті їх зношення формується щільовий канал, який представляє собою форму дифузора з кутом раструба 0,5.

Результати дослідження динаміки зношення деталей спряження «розподільник-приставне дно» представлені на (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Динаміка зазору в спряженні «розподільник-приставне дно»**

*Авторська розробка*

Інтенсивне зростання зазору в розподільчатій парі спостерігається за перші 1000 мото-годин роботи гідромашин, що пояснюється вмістом механічних домішок, які знаходяться (або з'являються) в робочій рідині з початку експлуатації аксіально-поршневих агрегатів і обумовлюють гідроабразивне зношення робочих поверхонь розподільника і приставного.

Визначення характеру і величини зношення деталей спряження «втулка блоку-плунжер» являється важливим, так як вважається, що плунжера пара суттєво впливає на об'ємні втрати робочої рідини в результаті зростання в ній зазору, обумовленого зношенням деталей.

Зношення деталей спряження «втулка блоку-плунжер» приводить до збільшення зазору в парі тертя. За результатами дефектації близько 25% гідромашин, мають середній зазор в спряженні «втулка блоку - плунжер» в інтервалі  $\delta = 30...48,0$  мкм, що в 1,3...2,1 рази перевищує максимальний допустимий зазор при виготовленні деталей плунжерної пари.

Для прогнозування технічного стану деталей плунжерної пари качаючого вузла гідромашини проводяться дослідження динаміки зношення деталей спряження. Аналіз результатів показує, що при напрацюванні гідравлічного приводу 2000 мото-годин зазор в спряженні «втулка блоку-плунжер» досягає значень, які розміщуються в інтервалі 20...23 мкм, що практично відповідає допустимим значенням зазору, прийнятого на заводах-виробниках і оговорених в технічних умовах на виготовлення деталей плунжерної пари.

Дослідження впливу чистоти робочої рідини на технічний стан деталей спряження «п'ята плунжера – опора люльки гідронасоса» ускладнюються конструктивними особливостями п'яти плунжера, кільцева опора якої виконує роль гідростатичного підшипника. Аналіз технічного стану кільцевої опори п'яти плунжера показав, що переважним видом зношення являється гідроабразивне зношення, яке обумовлює зростання об'ємних втрат робочої рідини і приводить до порушення аксіальної жорсткості гідростатичного підшипника, що прискорює зношення кільцевої опори. Подальша експлуатація таких п'ят супроводжується виливом п'яти із заробки плунжера та аварійною відмовою гідравлічної трансмісії.

### **Висновки.**

На основі проведених досліджень вдалось підтвердити вагомість впливу класу чистоти робочої рідини гідравлічних трансмісій, оснащених аксіально-поршневими гідромашинами, на стан структурних параметрів технічного стану деталей їх качаючих вузлів, на що вказують основні результати дослідження складу механічних домішок в робочій рідині, забрудненість якої знаходиться для 30 % гідравлічних систем в інтервалі 0,020-0,045 % по масі, що значно перевищує допустимі значення (0,001 %), і відповідає 15-16 класу чистоти рідини за вмістом числа забруднень.

Дослідження зношення деталей дали можливість обґрунтовано визначити структурні параметри технічного стану деталей качаючих вузлів, для їх контролю при прямому діагностуванні, і застосуванню в подальшому для виявлення функціональної залежності з об'ємними втратами робочої рідини.

## Література.

1. Редька О. З. Аналіз основних показників функціонування та розвитку сільськогосподарського машинобудування в Україні. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. 2019. № 4. С. 30-36.
2. Михайлов М. Г. Аналіз тенденцій оснащення матеріально-технічної бази аграрних підприємств. Інвестиції: практика та досвід. 2017. № 9. С. 39-44
3. Петров В. М. Формування ринку зернозбиральних комбайнів в Україні. Економіка АПК. 2020. № 4. С. 43-53.
4. Грищенко Н. В. Кадрові ресурси в системі економічного потенціалу аграрних підприємств. Вісник Хмельницького національного університету. 2020. №6. С. 266-270.
5. Виноградов Ю. Л. Кадровий потенціал в агропромисловому комплексі регіону: сучасний стан. Науковий вісник Ужгородського університету. 2005. №17. С. 172-178.
6. Мельянцов П. Т. Визначення напрямків забезпечення якості очистки агрегатів гідравлічної системи трактора для різних методів їх ремонту / П. Т. Мельянцов, В. О. Безсмертний – Zbiór artykułów naukowych rezensowanych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo- Praktycznej « Inżynieria i technologia. Osiągnięcia naukowe, rozwój, propozycje na rok 2017» - Warszawa: Zakopane (PL): «Diamond trading tour», 2017. - S 46- 50.
7. Мельянцов П. Т. Пат. № 131939 Україна, МПК G1N 15/02, G1N 15/06, G1N 29/02, Пристрій для контролю класу чистоти та кількісного вмісту води в робочій рідині мобільних машин / П. Т. Мельянцов, І. М. Добрянський (Україна) - №u 201807677; заяв.09.07. 2018; опубл.11.02.2019, Бюл. №3.
8. Мельянцов П. Т. Підвищення післяремонтної довговічності вузлів тертя аксіально-поршневих гідромашин шляхом застосування епіламних покриттів робочих поверхонь деталей / П. Т. Мельянцов, В. М. Федченко, В. О. Носенко - Zbiór artykułow naukowych. «Inzynieria i technologia. Osiagniecia naukowe, rozwoj, propozicje na rok 2015» - Warszawa: «Diamond trading tour»,2015 – s. 77-82.

Стаття відправлена: 23.03.2024 г.

© Мельянцов П. Т.